

駒井 常郎  
KOMAI Tsuneo

笹浪 毅  
SASANAMI Takeshi

小田桐 成人  
ODAGIRI Naruhito

近年、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)など温室効果ガスの抑制に世界先進各国が取り組んでいる。CO<sub>2</sub>を抑制するには、水力、風力、太陽光、バイオマスなどの再生可能なエネルギーを活用することが有効な手段の一つである。なかでも水力発電方式は、エネルギーの安定確保及び技術的な成熟度など優れた特長を持っている。比較的大きな規模の水力発電は、ダムや堰(せき)の貯水により河川生態系に影響を与える可能性があり、建設地点も限定される。一方、小規模水力発電は、上下水道、農業用水、工業用水、工場排水、河川維持放流など多くの地点があるが、スケールメリットがでないため見過ごされていた。

当社は、このような環境下で経済性も十分見込める小規模発電装置 Hydro-eKIDS<sup>TM</sup>を開発した。利用拡大を期待している。

Nations throughout the world are making efforts to deal with the global warming problem, centering around carbon dioxide emissions. Among the measures available to reduce the greenhouse effect is the use of alternative renewable energy resources such as hydroelectric, solar, wind, and biomass power. In particular, hydroelectric power generation is superior to other energy resources from the standpoint of continuous, reliable power supply. However, the construction of large and medium-scale hydroelectric power stations is decreasing in order to minimize effects on the environment.

On the other hand, small-scale hydroelectric power equipment has potential in many areas such as municipal water, agricultural water, industrial water, and river water. Toshiba has developed the Hydro-eKIDS<sup>TM</sup> hydroelectric power generating system, which reduces construction costs for small-scale hydroelectric power generation.

## 1 まえがき

現代社会は、石油、ガス、石炭など多様なエネルギー資源を消費しながら社会活動を維持している。

この資源は、水力、風力、太陽光など、太陽エネルギーにより日々新たに作られる資源と、石油、石炭、天然ガスなど、地下資源と呼ばれる太古の昔に貯蔵されたもので新たに生産されない有限な資源に分けられる。

わが国での資源消費は、図1に示すとおり80%以上が石油、石炭などの化石資源である。これらの資源は、工場など産業及び工業プロセス分野、自動車、船舶、航空機などの運輸分野、一般家庭、オフィス、店舗などの民生分野、発電所などのエネルギー転換分野など広範囲に使用されている。石油、天然ガスなどは、その物性の特徴から極めて簡単にかつ大量に輸送できるメリットがあることに加え、特に石油は、ガソリン、軽油、重油などいろんな成分に分離されるため、発電、工業用動力、自動車の燃料、化学繊維の原材料など極めて多様な用途を持っている。

反面、これらの資源の多くは熱エネルギーや電力として利用された場合、その変換過程で発生するCO<sub>2</sub>による地球温暖化現象を誘発したり、また、海外の電力のない集落においては、生活維持のための森林伐採が行われ環境破壊、地

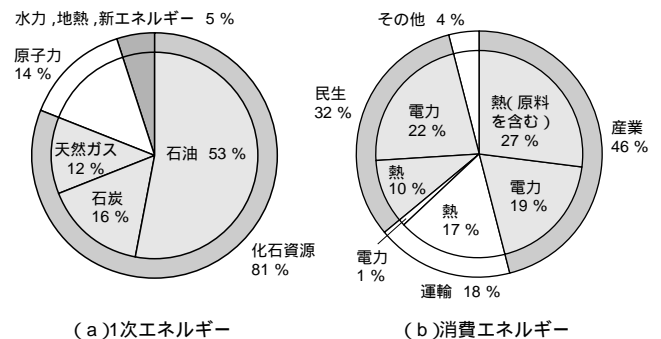


図1. わが国のエネルギー消費とその内訳<sup>(1)</sup> 80%以上が化石資源で、多くが熱エネルギー、電力として利用されている。

Energy consumption in Japan

球砂漠化を引起す問題として、各国がその解決に向けて取り組んでいる。

化石燃料の消費量及びCO<sub>2</sub>の排出を抑えるためには、エネルギーの高効率利用、新エネルギーの導入や再生可能自然エネルギーの活用が不可欠である。

ここでは、再生可能な自然エネルギーの中で、水力エネルギーに絞り、その動向と課題について触れ、当社が開発した小規模水力発電装置 Hydro-eKIDS<sup>TM</sup>について述べる。

## 2 水力エネルギーの活用

再生可能自然エネルギーの活用では、水力発電、風力発電、太陽光発電、バイオマス発電などがあり、中でも水力発電はエネルギーの安定的な確保やエネルギー転換技術の高信頼性など優れた方式である。落差や水量が確保されれば24時間連続して発電が可能であり、一日ごとの天候に左右されない意味においては電気の供給面で風力や太陽光発電より格段優れた発電方式である。

水力エネルギーは、わが国では明治時代(1890年代)に水力発電に利用され始め、1960年代の産業の急成長や家庭電化の普及による電力需要の急増で、発電の主体が石炭火力や石油火力発電に移るまでは、水力発電が電力供給の主体となり経済成長に貢献した。

その後は、純国産エネルギーでエネルギーセキュリティ上重要との観点から、水力エネルギーの開発が着実に行われてきた。現状、国内での水力エネルギーは、技術・経済的に開発可能なもののうち、出力で40%、地点で約60%が未開発の状態にあり、今後とも開発余地が十分あるエネルギー源であるが、大規模地点は既に開発され、未開発地点は小規模でかつ多数地点化の傾向が顕著である(平均出力4,458kW/地点、2,721地点<sup>2)</sup>)。

水力発電所の設置地点は地理的条件が千差万別であり、エネルギーを効率的に回収するため数種類の水車が開発され、適用地点の拡大と性能向上により発電量の増加が図られている。

発電所の設置に際しては、取水のためのダムあるいは堰、取水設備、導水路、建屋及び放水路などの土木・建築構造物が必要である。発電機規模が小さくなるとスケールメリットが出ず経済的に成り立たない傾向にあるため、小規模水力エネルギーは見過ごされがちである。

特に、10m以下、100kW以下の小規模出力領域では、設置例も少なく、ある意味ではほとんど手付かずの領域と言っても過言でない。

しかし、小規模出力地点において従来の建設手法を取る限り、建設費がかさみ経済的に成り立たないことも事実であり、土木費及び発電機器費を総合的に低減する施策が必要である。水力エネルギーは次のような地点に大なり小なり存在する。これらの地点は、既存の水路を利用できる利点があり従来の水力発電所建設で50%以上を占める土木費を低減することができる。

- (1) 河川流域の地形が保有するケース(一般的な河川、滝など、自然の地形が潜在的に保有している水のエネルギー(流量、落差)を指す)
- (2) 生活用水、工業用水などの取水堰や水を需要端に導く水路
- (3) 水を利用した後に河川など自然に戻す水路

- (4) 河川など環境保全のために放流する水路

一方、発電設備については、従来の地点条件に合わせた個別最適製品から広い範囲に適用できる標準発電装置の製品化が大きなポイントになる。

## 3 Hydro-eKIDS™

当社が開発したHydro-eKIDS™は、次の点を前提として製品化した。

- (1) 土木及び建築費の負担を軽減
- (2) 発電装置の標準化及び合理化による発電機器費低減
- (3) 設備維持・管理費の低減
- (4) より安心して利用できる発電装置

以下に、その特長を示す。

- (1) 基本装置の標準化 発電装置は、プロペラ水車、低圧発電機(同期あるいは誘導発電機)、及び発電機をその他の電気工作物(既存の所内回路、配電配電線、送電線)に接続するための発電機盤などから構成され、表1のとおり標準化されている。

表1 . Hydro-eKIDS™の基本仕様  
Specifications of Hydro-eKIDS™

項目		仕様
発電装置型式	S型	誘導機: KIDS - SHSI, 同期機: KIDS - SHSA
	M型	誘導機: KIDS - MHSI, 同期機: KIDS - MHSA
発電装置出力(kW)	S型	5, 10, 20, 30
	M型	5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
水車	型式	固定翼プロペラ水車
	据付様式	横軸
	軸受構造	油浸式ころがり軸受
	封水方式	接触式メカニカルシール方式
発電機	型式	三相交流誘導発電機、又は三相交流同期発電機
	保護	防滴保護型
	電圧	200V、ただし、誘導機45kW以上は400V/440V
	周波数	50Hz又は60Hz
	励磁方式	ブラシレス励磁方式(同期発電機の場合)
	据付様式	横軸
	軸受	グリース封入ボール軸受
回転検出		TG(同期機の場合)、SSG方式(誘導機の場合)
水車動力伝達方式		ベルト方式
保護機能		過電流(短絡、過負荷)、地絡、過速度
計測		電流、電圧

TG : TachoGenerator  
SSG : Speed Signal Generator

- (2) 標準ユニット水車でいろいろな地点に適用が可能  
プロペラ水車は、同一形状・寸法の複数の翼を一つのボスに固定する構造となっており、翼をボスに固定する製作過程で翼の取付け角度を変えることができる特長がある。したがって、落差及び流量が異なる地点

に対して翼の取付け角度を変えることで、同じ翼形状・寸法及びボスの水車を適用することができる。

この特長を最大限活用し、図2に示すように落差2～15m、出力5～100kWの範囲を2種類の標準ユニット水車で対応することを可能にしている。また、落差、流量が標準ユニット水車の範囲を超える場合は、ユニット水車を“直列”あるいは“並列”に組み合わせて使用することができるため、同一形状・寸法の水車の適用を大幅に広げている。

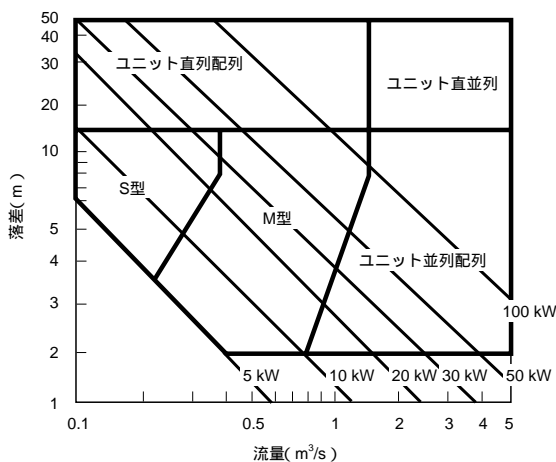
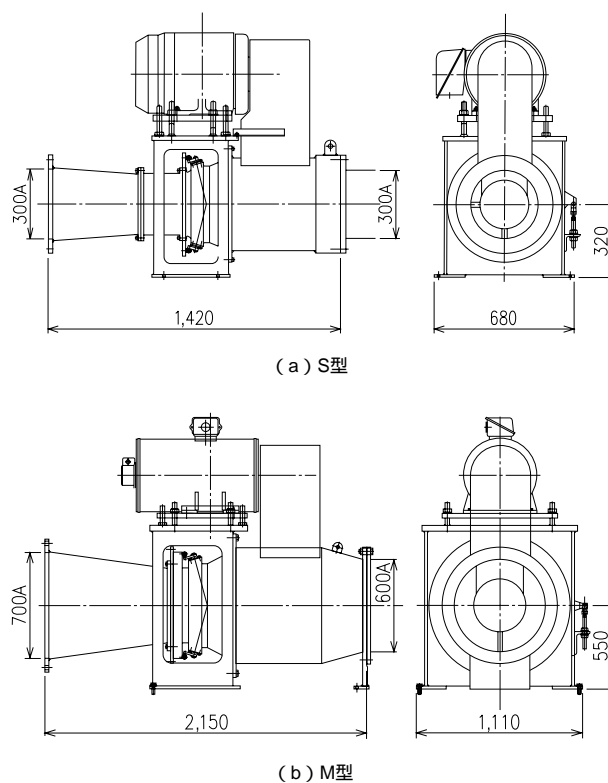


図2 . Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>の適用範囲 2種類の標準ユニット水車の組合せで、落差2～50m、流量0.1～5m<sup>3</sup>/sの地点に対応できる。

Application of Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>

- (3) 立体配置構造で付帯工事(土木・建屋工事)が簡単  
従来の水車及び発電機は、水車の動力伝達のため水車軸と発電機軸を直結あるいは増速機を介して接続している。このため、水車軸の延長上に発電機を配置する平面配置となり、水車軸を流路の外部に引き出すため流路(水路)形状を屈曲させる必要がある。  
一方、Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>は、水車の流路をほぼ直管構造(パイプイン構造)とし導水管・排水管とフランジで接続する方式を採用しているため、極めて容易に設置及び接続ができる。また、発電機を水車の上部に搭載する立体配置としているため設置平面スペースが少なく、従来の大がかりな建屋を必要とせず簡易なハウジング程度で覆うことも可能である。
- (4) 軽量、小型、合理的配置で輸送、据付工事が容易  
この発電装置の製品化では、小型トラックで輸送可能な適度な大きさとするのも製品化の一条件としており、その外形寸法を図3に示す。また、S型の外観を図4に示す。
- (5) 少ない据付スペースと簡単な基礎工事 一体型構



A : 配管口径サイズ

図3 . Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>の外形寸法 S型、M型とも、小型トラックで輸送可能な大きさで製品化した。据付平面スペースは従来機に比べ約50%になっている。

Outline dimensions of Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>



図4 . S型 Hydro-eKIDS<sub>TM</sub> 水車と発電機の一体化により、据付けはベースとの締結、水路配管とのフランジ接続だけで完了する。  
S-type Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>

造及び立体配置により、据付平面スペースを従来機に対して50%、発電装置の基礎コンクリート量を50%以上削減している。

- (6) 標準構造により維持費を低減 水車の消耗品(軸受、主軸封水部品、ベルト、など)に標準市販品を採用

表2. 定期交換部品と交換周期  
Spare parts and maintenance periods

機器名	部品名	交換周期(目安)
水車	主軸軸受	5年ごと
	主軸封水材料(セラミック)	5年ごと
	ベルト	1年ごと
	動力伝達装置軸受及びバッキン類 (水車分解時の交換部品)	5年ごと
発電機	軸受	3~5年ごと

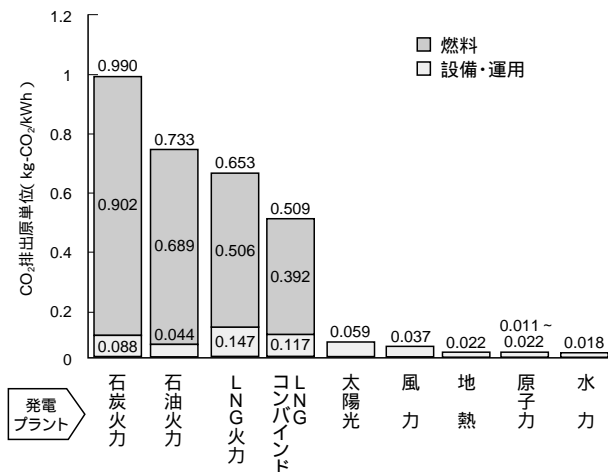
し、保守はポンプ並みとしている。定期交換部品と交換周期を表2に示す。

(7) 経済性 Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>を使用した経済効果については、その建設費用の多くが導水路、放水路など土木設備費用に充当されてしまうが、機器単体ベースとの比較においての試算では、利用率70%、現行電気料金10円/kWh、5~7年間の電気料金相当額は次のようになり、導入による経済的メリットは十分期待できる。

$$30\text{ kW} \times 24\text{ h} \times 5 \sim 7\text{ 年} \times 0.7 \times 10\text{ 円} = \text{約} 920 \sim 1,289\text{ 万円}$$

#### 4 CO<sub>2</sub> 排出量

各発電方式別のCO<sub>2</sub>排出量の比較を図5に示す。1 kWh (1 kWの電力を1時間発電した場合の電力量)を発電した



\*原料の採掘、輸送、精製、建設、運用、保守などのために消費されるすべてのエネルギーを対象として、CO<sub>2</sub>排出量を算定している。  
出典：電気事業者連合会ホームページ

図5. 各発電方式別 CO<sub>2</sub> 排出量比較 水力発電はCO<sub>2</sub>をほとんど排出しない。

Comparison of CO<sub>2</sub> emission rates of various generation systems

場合のCO<sub>2</sub>の排出量は、石炭火力発電で990 g、石油火力発電で733 gであるが、水力発電はほとんど排出せずCO<sub>2</sub>の排出抑制に大きな効果があると言える。

この排出量を、一般家庭で消費される電気を起こすために、どれくらいCO<sub>2</sub>を排出しているかを試算してみる。

例えば、毎月の電気料金が5,000円の場合、消費電力は200~250 kWh程度であり、この電気を石炭火力発電所からすべて供給したとすると1年間で約2,370~2,970 kg、石油火力発電所から供給された場合は約1,760~2,200 kgのCO<sub>2</sub>を排出していることになり、CO<sub>2</sub>の排出及び地球温暖化問題はわれわれの生活に密接にかかわっている問題であることも事実である。したがって、小規模水力発電の生かせる展開が今後増えてくることを期待している。

#### 5 あとがき

現代社会ではエネルギーが不可欠であり、その多くを化石資源に依存している。しかし、この資源は有限で、かつCO<sub>2</sub>ほかの温室効果ガスを排出する宿命を負っており、限りある資源を大切に使い、かつ環境負荷の低いエネルギーの依存比率を高める必要がある。このような環境下で小さいながらもこれらの課題にこたえられる小規模水力発電装置(Hydro-eKIDS<sub>TM</sub>)の活用を多いに期待したい。

#### 文献

- 資源エネルギー庁編「エネルギー2001」東京、電力新報社、2001。
- 西岡裕介「水力開発の促進対策の現状について」中小水力発電技術に関する実務者研修会、第59回 水力発電所の計画及び建設。資源エネルギー庁。
- 電気事業者連合会ホームページ <http://www.fepc.or.jp/>



駒井 常郎 KOMAI Tsuneo

電力システム社 電力事業部 水カプラント技術部参事。  
水力発電プラントのフィールドエンジニアリング業務に従事。  
Power Systems & Services Div.



笹浪 毅 SASANAMI Takeshi

電力システム社 電力事業部 水カプラント技術部参事。  
一般水力発電プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。  
Power Systems & Services Div.



小田桐 成人 ODAGIRI Naruhito

東芝エンジニアリング(株)水力事業部 水カ機器部主任。  
小規模水力発電装置の設計業務に従事。  
Toshiba Engineering Corp.